

基于角色的作战资源组织粒度结构建模及编码

邹志刚¹, 高凌云²

(1. 空军工程大学防空反导学院, 陕西西安, 710051; 2. 空军驻京昌地区军事代表室, 北京, 100041)

摘要 为探索信息化条件下作战资源柔性组织模式, 引入角色相关概念以规范化作战资源信息管理。通过提取作战资源组织的分层粒度结构模型, 分析作战资源的自身关联属性, 并以此为基础, 提出面向作战实体元数据的作战角色编码过程。通过案例验证表明: 该方法可有效实现物理实体的信息规范化和表达方式的柔性统一, 且有利于信息对象的动态扩展和上下层标准兼容, 为网络中心环境下作战资源柔性组织设计与建模提供基础支撑。

关键词 角色; 作战资源; 柔性组织; 粒度结构; 编码

DOI 10.3969/j.issn.1009-3516.2014.02.006

中图分类号 TN911.21 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2014)02-0024-05

A Role-based Encoding Approach for Operational Resources with Granularity Structure Modeling

ZOU Zhi-gang¹, GAO Ling-yun²

(1. Air and Missile Defense College, Air Force Engineering University, Xi'an, 710051, China;
2. Air Force Military Representative Office in Jingchang Area, Beijing, 100041, China)

Abstract: In order to explore the flexible organizational pattern of operational resources under information conditions, role concepts are introduced for standardizing the management of the operational resources information. This paper builds up a Layered granularity structure model of operational resources organization, analyzes the self-related structure and attributes within the operational resources and proposes the process of operational role encoding suited to the operational substance cell data based on the above mentioned. The case application is validates that the approach proposed in the paper can confirm the flexible unification between expression and information standardization for physical entities, and it is easy to realize dynamical extending and compatible criterion within different layers, which provides a basic support in designing and modeling flexible organization for operational resources.

Key words: role; operational resources; flexible organization; granularity structure; encode

为适应信息化条件下以网络为中心的体系作战模式, 迫切需要构建作战资源柔性组织模式, 而关键

在于作战资源统一规范化管理^[1], 其核心问题是如何构建统一规范化作战资源信息管理模式或方法,

收稿日期: 2013-05-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61272011)

作者简介: 邹志刚(1988-), 男, 江西抚州人, 博士生, 主要从事防空反导作战决策分析研究. E-mail: usher2@126.com

引用格式: 邹志刚, 高凌云. 基于角色的作战资源组织粒度结构建模及编码[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2014, 15(2): 24-28. ZOU Zhi-gang, GAO Lingyun. A role-based encoding approach for operational resources with granularity structure modeling[J]. Journal of air force engineering university: natural science edition, 2014, 15(2): 24-28.

这将为作战资源柔性组织建模及网络化体系作战模式研究提供重要基础支撑。

目前,关于作战组织模式的研究主要有 2 种途径。一是静态组织结构建模,将作战资源组织抽象为一个复杂网络,通过分析复杂网络的生成算法^[2]、同步过程^[3]等来研究网络化作战模式。二是基于任务的作战组织设计与建模,主要是 Levohuk 提出的组织 3 阶段设计方法^[4];在此基础上,国内修保新提出鲁棒性和适应性组织设计方法^[5]。以上研究实质上作战任务与实体刚性分配关系,难以实现作战组织的柔性快速调整。

事实上,不同建模粒度可直接体现于作战资源多维属性的差异,将作战资源抽象为单一属性节点的原因在于采用建模粒度的单一化,仅从某一层次视角分析作战资源。因此,构建作战资源组织的粒度结构模型是首要解决的问题,有助于作战资源的多维属性统一描述,即编码过程。但粒度结构建模目前主要应用于机械制造、信息管理等领域^[6],而在军事领域研究尚不多见。而对于多维属性节点研究,文献^[7]提出多维属性作战节点的理念,没有分析多维属性之间关联机理。其实,作战节点的多维属性反映出作战资源扮演角色的不同,而角色研究主要在供应链管理等领域^[8],系统应用于军事建模尚属空白。

基于此,本文试图引入角色概念以规范化作战资源信息管理。通过提出角色相关基础概念并设计柔性组织框架;在此框架下,本文构建作战资源组织的粒度结构模型,并以此为基础分析基于角色的作战资源编码技术,实现作战资源向角色组织的映射。

1 角色基础

角色(Role)是指一系列职责和权力的集合^[8],将角色思想用于作战资源抽象描述与关系表达,为此做出如下定义:

定义 1 作战角色。按照作战实体的职责、能力和任务活动分组抽象而来的抽象信息单元,记为 R ,则: $R_i = \langle \text{ID}, \text{Name}, \text{Abi}, \text{Act} \rangle$,其中, ID 为标识, Name 为名称, Abi 为该角色所具备能力的指数,可采用连续型、离散性和布尔型数据, Act 为该角色执行活动。结合文献^[9],本文给出 4 种作战角色:侦察监视、指挥控制、火力拦截和毁伤评估,分别记为 R_1, R_2, R_3 和 R_4 。

定义 2 作战角色集。作战资源组织完成使命任务集 AT 过程中,涉及到各项能力所对应角色类型集合,记为 RS,则: $\text{RS} = \{R_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$,其

中, 2^{AT} 为 RS 中角色对应使命任务集 AT 的任意子集, N 为所涉及到的作战角色个数。 $\forall R_i \in \text{RS}, \exists R_i \mapsto \text{AT}_i \subseteq 2^{\text{AT}}$ 。

定义 3 角色扮演者。承担指定作战角色的作战实体,记为 RA,则: $\text{RA} = \langle E, R_s, f_{\text{act}} \rangle$,其中, E 为作战实体, R_s 为其可扮演的角色集, $f_{\text{act}}: E_s \rightarrow 2^{R_s}$ 是一个映射,由此描述了作战实体在作战活动中担任角色的情况。

定义 4 角色维度。作战实体所能扮演的角色类型种数,记为 RD。

若 $\text{RD}(e_i) = h$,说明作战实体 e_i 可扮演 h 种角色。结合定义 2 可知, $\text{RD}(\text{RS}) = n$,即角色集所包含的角色种类,故 $1 \leq \text{RD}(e_i) \leq n$ 。

定义 5 作战角色模式。在特定任务的条件下,不同角色之间形成某种固定的配合模式,记为 RP,则: $\text{RP} = \langle R_s, f_{\text{orp}} \rangle$,其中, $f_{\text{orp}}: R_s \rightarrow \text{RP}$ 是一个映射。本文提出 2 种作战角色模式:配合模式用于描述作战角色之间的组合关系,记为 \oplus ;依赖模式用于作战角色之间的影响关系,记为 \otimes 。

2 作战资源组织粒度结构模型

本节立足多粒度视角构建作战资源组织粒度结构模型,可为作战资源组织的作战角色编码提供基础。现以文献^[10]中的网络化防空体系为例说明粒度结构模型过程。

2.1 作战资源组织分层粒度结构模型

将作战实体抽象为多维能力相互综合信息粒度^[9],以此表达粒度结构,记为: $\text{DSE}: X \rightarrow G^g = \langle X^g, F^g, T^g \rangle$,其中, X 为作战资源域, g 为粒度层次, X^g 为第 g 粒度层次中作战实体集合; F^g 为论域的属性映射规则,则 $F^g: X^g \rightarrow Y^g, y_{*i} \in Y^g (i = 1, 2, \dots, n)$ 为第 i 种功能属性,而 n 为初始角色集维度; T^g 为第 g 粒度层次作战实体结构关系。由此可将作战资源域抽象描述为具有多层金字塔状的粒度结构,见图 1。

定义 6 粗粒度结构。粒度大小定位于具有相对独立作战能力的作战单元 ($g = 1$),如地空导弹营、战区(术)指挥中心等,则: $G^1 = \langle X^1, F^1, T^1 \rangle$,其中, $X^1 = \{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ 为防空体系中所包含的 m 种作战单元构成的集合, F^1 为提取作战单元关键功能属性; T^1 为各作战单元之间关系邻接矩阵,可描述防空体系的功能网络,且将该粒度层次称为体系层(SL)。

定义 7 细粒度结构。定位于作战单元的各种功能装备或组件 ($g = 2$),用于描述体系中作战单元

内各个装备系统的配置关系,则: $G^2 = \langle X^2, F^2, T^2 \rangle$,其中, $X^2 = \{x_{ij} | x_{ij} \in X_i, 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq \Phi_i\}$ 为作战单元内功能装备集,而 $\Phi_i = |X_i|$ 为第*i*种作战单元所包含功能装备数目, F^2 为功能装备的关键

属性特征; T^2 为功能装备与作战单元形成的关联矩阵,反映作战单元隶属配置,且将该粒度层次称为组件层(CL)。而功能属性之间的关系为 $F^1(X_i) = \bigcup_{l \in \Phi_i} F^2(x_{il})$ 。

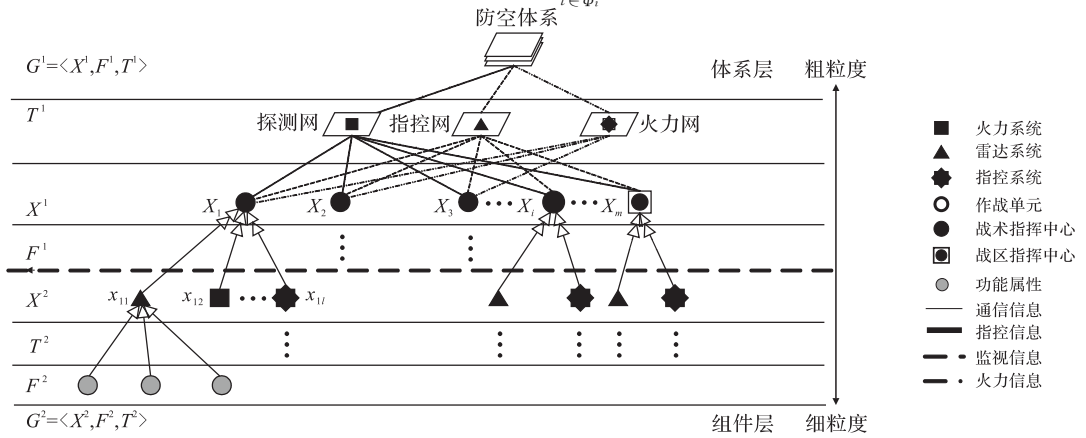


图1 网络化防空体系分层粒度结构模型

Fig.1 Networked air defense systems layered granularity structure model

2.2 作战实体元数据的多维角色表达

定义 8 作战实体元数据。根据作战任务的需要,描述作战实体内部之间信息交互与属性关系,即描述作战实体功能关键属性结构化的数据,记为 OEM: $X^g \rightarrow \langle R^g, A^g \rangle$,其中, R^g 为第*g*粒度层次中的作战角色, A^g 为第*g*粒度层次中作战实体协作关系。

战单元的配合关系,故当 $g = 2$ 时, eig 函数实现从组件层中作战实体功能属性集成映射到体系层中作战单元的多维作战角色,即 $R^1 = \bigcup_{l \in \Phi_i} R^2 = \bigvee_{l \in \Phi_i} r_{il}$ 。

3 基于角色的作战资源组织编码

依托作战实体元数的多维属性表达,可实现作战资源域映射为角色组织域。

定义 9 作战角色编码。依托作战资源组织的粒度结构,将多样化作战实体功能属性及关系映射为作战角色组织模式。

由定义 9 可知,作战角色编码可分 2 个阶段:阶段 I 为作战资源域分层粒度结构提取过程,即 $X \xrightarrow{DSE} G(X)$;阶段 II 为根据作战资源域的粒度结构映射相应作战角色组织过程,即 $G(X) \xrightarrow{OEM} R(X)$ 。

阶段 I 对于作战资源域 X ,按照从上至下的顺序分解 $X = \{X^1, X^2\}$,并确定不同粒度视角下作战结构关系 $T(X) = \{T^1, T^2\}$;再按照自下而上的顺序提取不同粒度视角下作战实体属性集 $F = \{F^1(X), F^2(X)\}$,由此形成作战资源域的分层粒度结构,见图 2。

阶段 II 按作战过程需求,构建作战实体的属性特征组合,从而映射为作战实体的多维角色编码 $R(X)$,由此得出:①作战实体可扮演多维角色集 RS;②作战实体可形成的作战角色模式 RP,见图 3。

将防空作战分为 4 个阶段:探测识别、指挥控制、火力拦截和杀伤评估,编码为 A_1, A_2, A_3 和

当 $g = 1$ 时, $R^1 = \{R_1, R_2, \dots, R_m\}$,则:

$$R^1 = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{bmatrix} = f_{act} = \begin{bmatrix} F^1(X_1) \\ F^2(X_2) \\ \vdots \\ F^m(X_i) \end{bmatrix} = \begin{cases} \{r_{11}^g, r_{12}^g, \dots, r_{1j}^g, \dots, r_{1l}^g\} \\ \{r_{21}^g, r_{22}^g, \dots, r_{2j}^g, \dots, r_{2l}^g\} \\ \vdots \\ \{r_{i1}^g, r_{i2}^g, \dots, r_{ij}^g, \dots, r_{il}^g\} \end{cases} \quad (1)$$

式中: f_{act} 可取 eig 函数; l 为所设定的作战角色集维度; $r_{ij}^g \in \{0, 1\}$ 为第*g*粒度层次的作战实体*i*是否可扮演第*j*维度作战角色,取 1 表示可扮演该作战角色;否则不可扮演。而 $A_i^1 = T^1(X_i) = \{a_{i1}^g, a_{i2}^g, \dots, a_{in}^g, \dots, a_{im}^g\}$,其中, $i \in \{1, 2, \dots, l\}$, n 为第*g*粒度层次具有作战实体个数, $a_{ik}^g = f_{orp}(R_i, R_k)$ 为描述作战实体*i*和作战实体*j*在第*g*粒度层次的关联关系。而 $a_{ij} = 1$ 为配合模式, $a_{ij} = 2$ 为依赖模式, $a_{ij} = 0$ 为角色之间相互独立。

根据文献[10]提出的虚拟作战联盟,组件层中功能设备的临时协作关系,直接反映出体系层中作

A_4 。设在 A_3 阶段中, 设 $VOC = \{x_{ij}, x_{pq}, x_{mn}\}$, $\exists a_{ip}, a_{im}, a_{pm} \in \{1, 2\}$; 而在体系层上由 $x_{ij} \in X_i (j \in \{1, 2, 3, 4\})$, $f_{act}(x_{ij}) \rightarrow r_{ij} \in \{0, 1\}$; 同理, $x_{pq} \in X_p, x_{mn} \in X_m$, 则 $RP: R_i(j) \odot R_p(k) \odot R_m(h)$, 且 $\odot \in \{\oplus, \otimes\}$ 。根据作战角色维度的不同, 可对作战实体进行类型划分, 见表 1。

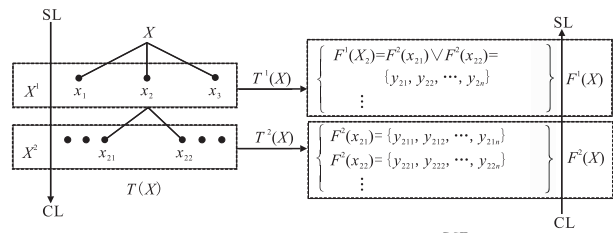


图 2 作战资源粒度结构获取: $X \xrightarrow{DSE} G(X)$

Fig. 2 Obtaining granularity structure for operational resources: $X \xrightarrow{DSE} G(X)$

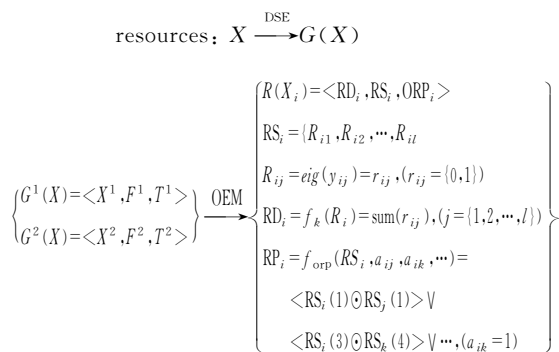


图 3 多维作战角色编码: $G(X) \xrightarrow{OEM} R(X)$

Fig. 3 Multi-dimension operational roles encoding: $G(X) \xrightarrow{OEM} R(X)$

在体系层中, 根据角色维度的不同, 将可扮演 1、2、3 种角色的作战单元分别划分为 I 型、II 型(包括 II-1 型和 II-2 型)、III 型(包括 III-1 型和 III-2 型)作战单元。

表 1 作战资源“角色-类型”划分

Tab. 1 Sorting operational resources as “role-type”

类型	R_1	R_2	R_3	R_4	RD	
I	-	○	-	-	1	
II	II-1	○	○	-	1	
	II-2	-	○	-	○	2
III	III-1	○	○	○	-	3
	III-2	-	○	○	○	3

4 案例分析

以文献[10]中网络化防空体系为例, 对其粒度结构模型以及编码过程加以描述。由于作战实体功能属性显性突出, 故对其获取过程不做详细分析, 重点分析作战资源角色组织过程, 见图 4。

步骤 1 按照从上至下顺序, 分析作战单元的隶属配置及结构关系; 再从下至上顺序, 分析作战实体的功能属性构建防空体系分层粒度结构模型。

步骤 2 按照表 1 提取组件层中功能设备对应角色。根据功能属性继承关系, 映射出体系层作战单元所具有的多维角色集 RS。

步骤 3 依据组件层中各装备实体形成的虚拟作战联盟, 分析体系层中作战实体协作关系, 构建防空作战各阶段的作战角色模式, 则作战角色编码见表 2。

步骤 4 将作战实体的编码模型映射到物理数据存储结构中, 建立作战实体编码数据库, 以便在作战任务变化下作战角色灵活组合, 从而实现作战资源柔性组织设计。

表 2 作战角色编码简表

Tab. 2 Shortened table for operational roles encoding

作战实体	实体编码	执行活动	角色集	角色模式	节点类型	角色维度
X-1 型地空导弹营	X-1-SAC	A_1, A_2, A_3, A_4	$[1\ 1\ 1\ 0]$	$R_1 \oplus R_2 \otimes R_3$	III-1	3
X-2 型地空导弹营	X-2-SAC	A_1, A_2, A_3, A_4	$[1\ 1\ 1\ 0]$	$R_1 \oplus R_2 \otimes R_3$	III-1	3
Y 型天基探测系统	Y-TR	A_1, A_4	$[0\ 1\ 0\ 1]$	$R_1 \oplus R_2 \quad R_1 \otimes R_4$	II-2	2
Z 型地空导弹营	Z-AM	A_1, A_2, A_3, A_4	$[0\ 1\ 1\ 1]$	$R_2 \otimes R_3 \quad R_3 \otimes R_4$	III-2	3
地面高炮武器	AAC	A_3	$[0\ 0\ 1\ 0]$	$R_2 \otimes R_3$	I	1
战术指挥中心	TC	A_2, A_4	$[0\ 1\ 0\ 0]$	$R_1 \oplus R_2$	I	1
战区指挥中心	SC	A_2, A_4	$[1\ 1\ 0\ 0]$	$R_1 \otimes R_2$	II-1	2

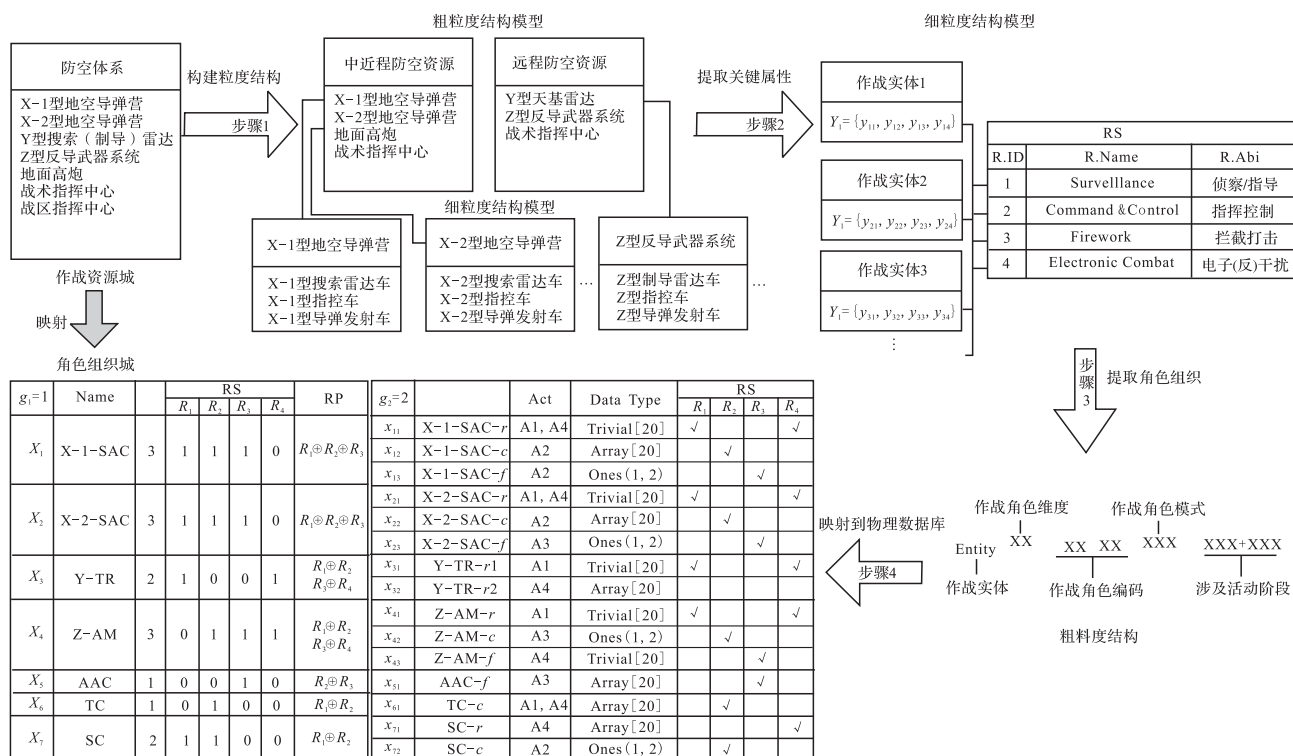


图4 网络化防空资源作战角色编码

Fig. 4 Operational resources encoding process for networked air defense

5 结语

本文提出作战角色相关概念,并以此实现作战资源的信息规范化和表达方式的柔性统一。通过构建作战资源组织的粒度结构模型;采用作战元数据描述各层次的粒度结构中作战实体功能属性和关联关系,以此分析基于角色的作战资源组织编码过程;并以防空体系为案例,验证了本文所提出方法可有效地将作战资源组织域映射到角色组织域,为网络中心条件下作战资源组织信息管理和柔性建模提供基础。值得注意的是,虽然本文仅给出了4种作战角色,目的在于分析与验证所提方法的正确性和有效性,因此,在实际作战应用中可采用本文方法拓展出更丰富的角色及其组织关系。

参考文献 (References):

[1] Bonnie W J, John M G. Naval network-centric sensor resource mangement[C]//International command and control research and technology symposium,Quebed: Alidade incorporated press, 2002: 1156-1168.

[2] Jeffrey R C. An information age combat model[C]//International command and control research and technology symposium, Virginia: Alidade incorporated press, 2004: 325-348.

[3] Anthony H D. Analyzing C2 structures and self-synchronization with simple computational models [C]//International command and control research and technology symposium. Texas: Alidade incorporated press, 2011: 71-93.

[4] Levohuk G M, Levchuk Y N, Jie L, et al. Nonnative design of organizations part I: mission planning[J]. IEEE transactions on systems man and cybernetics, 2002, 32(3): 346-359.

[5] 修保新. C2 组织结构设计方法及其鲁棒性、适应性分析[D]. 长沙: 国防科技大学, 2006.

XIU Bao Xin. Design methodology of C2 organizational structure and its analysis of robustness and adaptivity[D]. Changsha: Journal of national university of defense technology, 2006. (in Chinese)

[6] Choy K L. Design of a case based intelligent supplier relationship management system-the integration of supplier rating system and product coding system[J]. Expert systems with applications, 2003, 25(4): 87-100.

[7] Shi F L, Lei Y L, Zhu Y F. A military communication super-network structure model for structure model for netcentric environment[C]//International conference on computational and information sciences. Wuhan: IEEE computer society press, 2010: 33-36.

[8] Biddle B, Thomas E. Role theory: concepts and research [M]. New York: Wiley publish house, 1996.

[9] Levchuk G, Chopra K, Paley M, et al. Model-based organization manning, strategy, and structure design via TOD methodology [C]//International command and control research and technology symposium. Virginia: Elersver press, 2005: 1672-1693.

[10] Bonnie W Young. Future integrated fire control[C]//International command and control research and technology symposium. New York: Alidade incorporated press, 2005: 1672-1693.